

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-318688

(43)Date of publication of application : 15.11.1994

(51)Int.Cl.

H01L 27/14

(21)Application number : 05-107024

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 07.05.1993

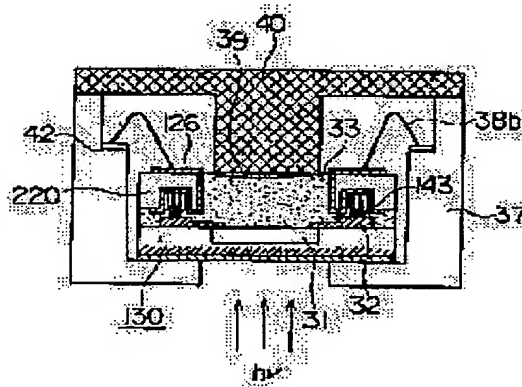
(72)Inventor : MURAMATSU MASAHARU  
SUYAMA MOTOHIRO  
YAMAMOTO AKINAGA

## (54) SEMICONDUCTOR ENERGY BEAM DETECTOR AND ITS MANUFACTURE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a detector whose electrical connection is made reliable, which is made small and in which the detection sensitivity of an energy beam is made good by a method wherein a substrate and a protective plate are bump-bonded, a recessed part or a through port is formed in a part in which the protective plate has been bump-bonded.

**CONSTITUTION:** A detector is provided with a CCD substrate 130, with a protective plate 220 and with a cooling block 40 at the inside of a package 37. An electrode 32 on the CCD substrate 130 and an electrode 126 on the protective plate 220 are connected by bumps 143, and recessed parts are formed in the protective plate 220 in positions in which the bumps 143 are formed. The CCD substrate 130 is die-bonded to the bottom face at the inside of the package 37 in such a way that its back is faced to the outside, and a full-frame transfer-type CCD 31 for imaging is formed on the surface. Since the recessed parts are formed in the positions in which the bumps 143 are formed in the protective plate 220, the detector can be made small. Thereby, it can be cooled satisfactorily, and leakage current and rms noise can be reduced.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3315465

[Date of registration]

07.06.2002

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



7/10

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-318688

(43) 公開日 平成6年(1994)11月15日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 27/14

識別記号

庁内整理番号

7210-4M

F I

H 0 1 L 27/14

技術表示箇所

K

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平5-107024

(22) 出願日 平成5年(1993)5月7日

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 村松 雅治

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者 須山 本比呂

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者 山本 晃永

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

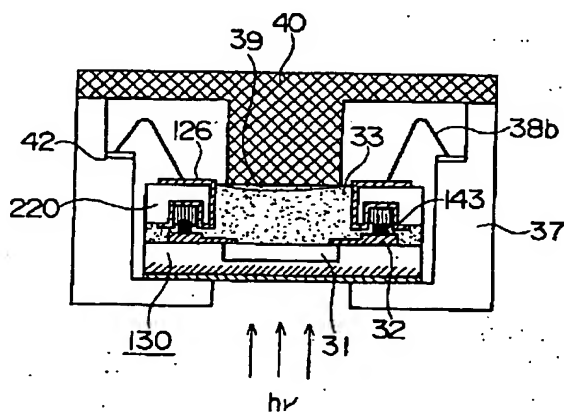
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 半導体エネルギー線検出器及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 小形化し、冷却効率を向上させる。

【構成】 この半導体エネルギー線検出器は、撮像機能を持つ回路がその一方の面に形成され、他方の面から入射したエネルギー線を検出するための基板と、基板をその内部に格納すると共に外部との電氣的接続をするためのピンを持つパッケージと、基板を上記一方の面の側から保護するとともに、ピンと基板に形成された回路とを電氣的に接続するための保護板と、基板で発生した熱を上一方の面の側から放熱するための冷却ブロックとを備え、基板と保護板とはバンプボンディングされるとともに、保護板はバンプボンディングされた部分に凹部または貫通口が設けられていることを特徴とする。



FP04-0065 -00W0-HP
04.8.03
SEARCH REPORT

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像機能を持つ回路がその一方の面に形成され、他方の面から入射したエネルギー線を検出するための基板と、

前記基板をその内部に格納すると共に外部との電気的接続をするためのピンを持つパッケージと、

前記基板を前記一方の面の側から保護するとともに、前記ピンと前記基板に形成された回路とを電気的に接続するための保護板と、

前記基板で発生した熱を前記一方の面の側から放熱するための冷却ブロックとを備え、

前記基板と前記保護板とはバンプボンディングされるとともに、前記保護板はバンプボンディングされた部分に凹部または貫通口が設けられていることを特徴とする半導体エネルギー線検出器。

【請求項2】 前記保護板は、前記基板に形成された回路上に開口部を有するとともに前記開口部には硬化した充填物がつまられていることを特徴とする請求項1記載の半導体エネルギー線検出器。

【請求項3】 前記冷却ブロックは前記充填物を介して前記基板で発生した熱を放熱するとともに、前記冷却ブロックと前記充填物との間には熱抵抗を低下させるための熱伝導物質が塗布されていることを特徴とする請求項1記載の半導体エネルギー線検出器。

【請求項4】 前記凹部または貫通口に導電材料をさらに有することを特徴とする請求項1記載の半導体エネルギー線検出器。

【請求項5】 基板の一方の面に形成された撮像機能を持つ回路の端子にバンプを形成する第1の工程と、保護板に、前記基板上の前記回路の位置に対応して開口部と、前記回路の各端子の位置に対応して凹部または貫通口と、前記回路に電気的に接続するための配線とを設けておき、前記凹部または貫通口と前記バンプとを重ね合わせて前記保護板と前記基板とのバンプボンディングをする第2の工程と、

前記開口部に硬化性の流動物をいれて硬化させ、前記開口部に充填物をつめる第3の工程と、

前記回路が掲載された反対側の前記基板の面を機械的或いは化学的に削る第4の工程と、

前記保護板及び前記基板を前記回路ごとに切断し、切断された前記保護板及び前記基板をパッケージにに入れて前記保護板の配線と前記パッケージのピンとを接続し、前記基板で発生した熱を放熱するための冷却ブロックでパッケージに封止する第5の工程とを有する半導体エネルギー線検出器の製造方法。

【請求項6】 前記第2の工程では、前記凹部に導電材料を注入した後にバンプボンディングをすることを特徴とする請求項5記載の半導体エネルギー線検出器の製造方法。

【請求項7】 前記第4の工程では、前記冷却ブロック

2

と前記充填物との間には熱抵抗を低下させるための熱伝導物質を塗布することを特徴とする請求項5記載の半導体エネルギー線検出器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、紫外線や $\gamma$ 線、あるいは荷電粒子線などの吸収係数が極めて大きいエネルギー線の照射に対して有効な、裏面照射型の電荷転送型半導体エネルギー線検出器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】電荷転送素子(CCD)は、アナログ電荷群を外部からクロックパルスに同期した速度で一方向に順繰りに送るものであり、一端に出力部を設けておけば、空間情報を時系列信号に変換できる極めて巧妙な機能デバイスである。しかし、2次元の画像情報を時系列信号として取り出すには、デバイスの構成上の工夫が必要である。上記デバイスに光を照射したままで電荷を転送したのでは、それぞれの場所で光励起された電荷と転送されてきた電荷とが混じり合って、いわゆるスミアと呼ばれる現象が発生し、映像信号が劣化する。これを避けるためには、光を照射している期間(電荷蓄積期間)と電荷を転送する時間(電荷転送期間)とを時間的に分けるいわゆる時分割動作が考えられる。この場合、映像信号が出力される時間は電荷の転送時間内に限られ、映像信号は間欠的な信号となる。

【0003】一般に、実用的なCCD撮像デバイスとしては、フレーム転送(FT)、フル・フレーム転送(FFT)、インターライン転送(IT)構成の三方式が代表的であり、このうち計測用としては、主にフル・フレーム転送方式が用いられる。

【0004】以下、フル・フレーム転送方式について説明する。図7及び図8はフル・フレーム転送方式の構成を示すものであり、図7はその上面図、図8はその要部の断面図である。図7に示すようにこの方式では、基板に形成されたチャンネルストップ拡散層1によって電荷転送のチャンネルが垂直方向に分割され、水平画素数に対応する画素列を形成する。一方、このチャンネルストップ拡散層1に直交して転送電極群2を配置している。前述のFT方式では、この電極群は上下2つにグルーピングされ、上半分を受光用のCCD、下半分を信号電荷を一時蓄積するCCDとして使うが、同図に示すフル・フレーム転送方式CCDでは蓄積部はない。したがって、電荷を転送する時間中、即ち読みだし時間中は、シャッタを閉じるなどしてCCDに光が入射しないようにしなければならない。なお、垂直方向の4列の画素列の間には3本のオーバーフローレイン5が形成されている。

【0005】図8に示すように、一画素はCCDの一段分を構成するクロックパルス( $\phi_1 \sim \phi_4$ )の相数(4)に対応する数の電極20とチャンネルストップ拡散層1で囲まれた面積となる。垂直転送クロックパルス

3

電極群2はクロックパルス $\phi_1 \sim \phi_4$ をポリシリコン電極20に供給する。PSG(リンガラス)による層間絶縁膜19はポリシリコン電極20の上面に堆積され、この電極20とシリコン基板48上のn-ウェル22との間にはゲート酸化膜21が介在されている。

【0006】受光領域に光が入射すると、図8に示すように励起された信号電荷が一つの転送電極(蓄積電極)、即ち立ち上がったクロックパルス $\phi_1$ が加えられたポリシリコン電極20下のポテンシャル井戸3に集められる。

【0007】光信号を信号電荷に変換する電荷蓄積時間が終わると、受光領域上にある垂直転送電極群2に与えられたクロック電圧 $\phi_1 \sim \phi_4$ が順次立ち上がり、信号電荷の読み出しが開始される。しかしフル・フレーム転送CCDにおいては、前述したようにFT-CCDのような受光部とは別のいわゆる蓄積部というものがない。このため、信号読み出しを開始する前にシャッタを閉じるなどして光信号の入力を遮断しなければ、転送している途中の信号に新たに光信号が混入してくることになり、信号純度が低下する。但し、単発現象をとらえる場合には、信号電荷の転送中に新たな光入力はないと考えられるから、シャッタ等は必要ない。

【0008】ここで、図7を用いて信号読みだし動作について説明する。信号電荷は垂直転送用クロックパルス電極群2に与えられるパルス $\phi_1 \sim \phi_4$ によって1行ずつ下方に送られ、水平読みだしレジスタ6を通して出力端に転送される。すなわち同図において、まず一番下の行にある信号電荷が同時に水平読みだしレジスタ6に送り込まれ、水平方向に高い周波数のクロック $\phi_5$ 、 $\phi_6$ で転送され、時系列信号として出力端から読み出される。なお、水平転送クロック $\phi_5$ 、 $\phi_6$ は水平転送用クロックパルス電極群7から加えられる。このときすでに次の信号電荷が垂直レジスタの1段下方に移動しているため、次の垂直転送クロックパルスで水平読みだしレジスタ6に入り、出力端に読み出される。このようにして、1画面分の信号電荷が全て水平読みだしレジスタ6を通して読み出されると、シャッタを開き新たな信号蓄積動作を開始する。以上のように、水平読みだしレジスタ6は垂直レジスタに比べて高速で動作するので、2相クロックパルス $\phi_5$ 、 $\phi_6$ として高速転送を可能にして

【0009】ここで、図9(a)にCCDにオンチップされた読み出し回路の例を、同図(b)に印加クロックパルスと出力波形の関係を表す例をそれぞれ示す。パルスの基準点は0Vで、+12Vの振幅である。クロック $\phi_5$ 、 $\phi_6$ の与えられた電極下の領域17、18は水平レジスタ6の最終部を表している。なお、n-ウェル22には+12V<sub>bc</sub>、アウトプットゲート(OG)13には+7V<sub>bc</sub>、リセットドレイン(RD)16には+12V<sub>bc</sub>、基板48には+5V<sub>bc</sub>が加えられている。また、

4

増幅用のMOSFETのドレイン8には15V<sub>bc</sub>、ソース9は負荷抵抗を介して接地されている。したがって、このMOSFETはソースフォロワ回路として動作している。以下、同図(b)を用いて動作を説明する。

【0010】水平レジスタ6によって信号電荷が次々と読みだし回路に転送される場合、時刻 $t_1$ において、クロックパルス $\phi_5$ はハイレベルになっているので、クロック $\phi_5$ の加えられた電極7の下領域17にポテンシャル井戸が形成されていて、信号電荷は領域17に転送されている。次に時刻 $t_2$ でクロック $\phi_5$ がローレベル、 $\phi_6$ がハイレベルになるので、クロック $\phi_5$ の加えられた電極7下の領域17におけるポテンシャル井戸は消え、クロック $\phi_6$ の加えられた電極7下の領域18にポテンシャル井戸が形成される。したがって、前述の信号電荷は領域18に転送される。時刻 $t_3$ においては、リセットゲート(RG)15にパルスが加えられるので、フローティングディフュージョンアンプ(FD)14の電位はRD16の電位である12Vにリセットされる。

【0011】時刻 $t_4$ では、FD14にまだ信号電荷は転送されてきていないので、電位はリセット値を維持している。時刻 $t_5$ においてはクロック $\phi_6$ がローレベルになるので、水平レジスタ6の最終部の領域18に存在した信号電荷はOG13に加えられた低いDCバイアスによって形成されている低いポテンシャル障壁を乗り越え、FD14に至り、その電位を変化させる。同図(b)の出力電圧の例でもわかるように、電子が流れ込んでくるので、クロック $\phi_6$ がローレベルになると出力は下に向かって伸びる。FD14は、配線によってソースフォロワ回路(MOSFET)のゲートにつながれており、そのソースからはゲートに入力されたのと同じ大きさの出力を低インピーダンスで得ることができる。

【0012】このようにフル・フレーム転送方式の特徴は、蓄積部がなく受光部の面積が大きくとれるので、光の利用率高く、したがって計測用など微弱光の用途に広く用いられる。反面、入射光が転送電極で吸収されるので、波長が短い青色の光に対する感度低下が著しい。先に述べたように、図8は典型的な受光部を示すものであるが、ポリシリコン電極20が隙間なく表面を覆い、またそれぞれの電極の分離のため、厚さ数ミクロンに及ぶPSG膜19が重ねられている。特に、ポリシリコンは、400nm以下の波長の光や電子を吸収してしまうので、光電変換に寄与することができない。

【0013】このような光検出器に関しては、基板48を15 $\mu$ mから20 $\mu$ m程度に薄くして、図10に示すように光を裏面から照射するようにしたものがある。光電変換部はゲート酸化膜21の下に設けられて、ポリシリコン電極20が隙間無く覆い、短波長光を吸収してしまうが、基板48の裏面には薄い酸化膜23の他に障害物はなく、短波長光に対して高感度が期待できる。この

裏面照射型CCDは0.1nm程度の短波長光まで感度があり、更に電子衝撃型CCD撮像デバイスにも応用される。このデバイスは電子衝撃により生じる信号電荷の増倍作用を利用できるので、高感度撮像デバイスとして期待される。

【0014】この裏面照射型CCDは新しいタイプのCCDなので、例は少ないのだが、その製造プロセスの例としてはつぎのものがある。

【0015】図11(a)は、保護板(サブストレイト)120の断面構造を示したものであり、この保護板120の材料には焼結セラミックなどが用いられる。保護板のうちにウエファのCCDが形成された部分には貫通した穴27が設けられており、セラミックの部分25には金属配線26が施されている。

【0016】図11(b)は、CCD31が形成されたウエファ130の断面を示したものである。このウエファ130は、P<sup>+</sup>型ウエファ28にP型エピ層29を成長させた後、CCD31及びCCD31と外部回路をつなぐ金属配線(パッド)32を形成したものである。

【0017】ここで、ウエファ130には、P/P<sup>+</sup>型エピウエファが用いられ、このエピ層29の比抵抗及び厚さは、それぞれ30Ω-cm、20μmである。P<sup>+</sup>型サブストレイト28の比抵抗及び厚さは、それぞれ0.01Ω-cm、500μmである。CCDは通常P/P<sup>+</sup>型エピタキシャル成長ウエファが用いられるのだが、これはCCD内蔵読みだし回路のFETがNチャンネルになるので、PチャンネルFETに比較してオン抵抗を小さくでき、発生する熱ノイズ(ジョンソンノイズ)を低減できるから、という理由に基づく。さらに、基板がP/P<sup>+</sup>型であれば、バルク(ウエファ)中の少数キャリアのライフタイムが短くなり、バルク中の暗電流成分がCCDのポテンシャル井戸に流れ込んで暗電流が大きくなるのが抑えられる、という利点がある。

【0018】また、通常バルク領域は酸素濃度を高くしており、プロセス中の熱処理でバルク中には多くの結晶欠陥が励起されるのであるが、ウエファにはP<sup>+</sup>型領域が形成されており、この高濃度層が欠陥のシンクとなるのを抑え、CCDを構成する表面付近に結晶欠陥が生じるのが抑えられる。

【0019】保護板120及びウエファ130の位置合わせをし、金属配線26と金属配線32とをワイヤボンディングし、ボンディングワイヤ38aで接続する(図11(c))。つぎに、保護板120の貫通穴27に低融点ガラスやエポキシ樹脂などの充填物33を満たす(図11(d))。この充填物33は、CCD基板130と保護板120との接着、ボンディングワイヤの保護、CCD基板130に薄膜を形成する際のCCDの保護、CCD冷却時の冷却媒体などとして機能する。

【0020】そして、CCD基板130の裏面を削って機械的及び化学的に薄形化する(図12(e))。ま

ず、グラインダー(ディスコ社)などの機械的な研磨で、CCD基板130の残り厚が30~40μmになるまでP<sup>+</sup>型サブストレイト28を削って機械的なエッチングをし、バルク中の高濃度欠陥層を除去する。始めに機械的なエッチングをするのはつぎの理由による。化学的エッチングは微視的には酸化-エッチングのプロセスの繰り返しであり、欠陥層の酸化速度は純粋シリコンの酸化速度とは異なる。化学的エッチングのみで薄形化すると、エッチング後の表面に凸凹や曇りを生じそれなりの手間と工夫が必要になる。そのため、予め機械的なエッチングをある程度行うことで、良好な薄形化を行っている。

【0021】また、機械的なエッチングの後に化学的エッチングを行うのは、機械的エッチングの後はどうしても表面破砕層が残り、その除去が必要なのと、所定の厚さにCCD基板130をコントロールする必要があるためであり、フッ酸-硝酸-酢酸系のエッチング液で化学的エッチングを行う。例えば、HF:HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH=1:3:8の割合のエッチング液を用いると、数μm/minの速度でエッチングされるが、0.068Ω-cm以上の比抵抗を持つP層はエッチングされない。したがって、P/P<sup>+</sup>型エピウエファのうち機械的なエッチングでP<sup>+</sup>層34を残した状態から化学的エッチングを行うと20μmのエピタキシャル成長層29は完全に残り、さらに10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>のP<sup>+</sup>層を残した状態でエッチングはストップする。このプロセスにより、20μmの膜厚のコントロールとアキュムレーションが同時に行われることになり、P<sup>+</sup>層34がアキュムレーション層として機能することになる(アキュムレーションについては後述する)。

【0022】エネルギー線がUV光である場合、反射防止膜としてSi酸化膜35を形成する(図12(e))の符号35)。その条件としては120℃水蒸気中で48時間酸化を行う。

【0023】つぎに、ダイシングを行い、個々のチップ140に分割する(図12(f))。符号36はダイシングラインを示す。分割された個々のチップ140のアセンブリを行う(図12(f))。まず、セラミックパッケージ37にチップ140をダイボンディングし、チップ140の金属配線26とパッケージ37の端子41とをワイヤボンディングし、ボンディングワイヤ38bで接続する。そして、チップ140の低融点ガラスの充填物33と熱的に容易に接続できるように、熱容量が小さい充填物39を介して放熱用の冷却ブロック40で封止する。CCDを冷却してリーク電流やrmsノイズを下げることは微弱光を計測するのに適したものにしている。

【0024】裏面照射型CCDでは、アキュムレーション層が必要なのはつぎの理由による。

【0025】前述したように、裏面照射型CCDは、C

ＣＤの裏面が光の入射面となる。通常ＣＤを形成するシリコンウエファの厚さは４００～６００μｍである。また、２００ｎｍから３００ｎｍの光は吸収係数が非常に大きく、そのほとんどが表面からわずかに入ったところ（具体的には０．０１μｍ程度）で吸収されてしまう。したがって、数百μｍの厚さを有するＣＤをそのまま裏面照射型として使用しても、裏面で発生した光電子は表面にあるＣＤのポテンシャル井戸に拡散していくことができず、ほとんどは再結合して失われてしまう。また、そのうちのいくらかはポテンシャル井戸まで到達できたとしても、長い道のりを拡散してくる間に信号同士が混じり合い、いわゆる解像度を著しく低下させる。そこで、裏面照射型ＣＤでは、受光面である裏面をエッチング、研磨によって薄くして、発生した電子が最短距離で表面のポテンシャル井戸に到達できるようにしている。図１０は、裏面に受光面を持つ裏面入射型ＣＤの断面図である。

【００２６】しかし、酸化膜２３には酸化膜電荷や界面準位が必ず存在し、これらはいずれもＰ型シリコン基板４８の表面を空乏化させるように働く。そのため、裏面から浅いところで生じた光電子はＣＤのポテンシャル井戸には行くことができず、裏面酸化膜２３とシリコンの界面に押しやられ再結合するのを待つ運命となる。したがって、受光部を薄形化し裏面にＰ型シリコン４８の表面をアキュムレーション状態にすることにより、裏面の浅いところで生じた光電子も効率よく表面側のＣＤのポテンシャル井戸に到達することができる。

【００２７】図１３は、ポテンシャルプロファイルを比較して示したものであり、実線はアキュムレーション層がない場合、点線はある場合を示す。左側が裏面、右側が表面を表している。基板４８の裏面には、保護膜である酸化膜２３が成長されている。なお、代表的な検出器において受光面のシリコンの厚さは１０～１５μｍ程度であり、酸化膜２３は、厚さ数十オングストロームから数百オングストロームである。実線のように、裏面から浅いところで生じた光電子は、裏面酸化膜２３とシリコンの界面に押しやられ再結合し、ＣＤ表面に形成された蓄積用のポテンシャル井戸には行くことが難しいものになる。これに対し、点線のように、裏面の酸化膜２３に近付くにしたがって電子に対するポテンシャルが低くなり、裏面から電極側に傾斜を持つポテンシャルが形成されることにより、光電子が効率よく表面側に到達することができるようになる。

【００２８】上述の工程では、エビウエファは予めアルミニウム（Ａ１）配線工程まで含めたすべてのＣＤ製造プロセスを終了させている。そのため、後の工程で受光部シリコンの薄形化後にアルミニウム配線を施す場合と比較して、薄形化した膜の部分に写真食刻法を用いるのは困難であり、またアルミニウム配線プロセス中に薄形化した部分が割れるなどのおそれがある、という問題

が抑えられるので、その意味では良好な工程と考えられる。

【００２９】

【発明が解決しようとする課題】しかし、つぎのような問題点がある。まず第１に、図１１（ｃ）において保護板１２０及びＣＤ基板１３０の位置合わせを必要としているが、この作業は非常に微妙なものであり、熟練を要し、作業時間やコストなどを大幅に削減するのは困難である。

【００３０】第２に、ボンディングワイアで保護板１２０とＣＤ基板１３０との電気的な接続を行っているが、ボンディングワイアが形成するワイアループのため、図の横方向に余分な面積を必要とする。例えば、チップの両側にワイアボンディングする場合、トータルでおよそ２ｍｍチップが長くなる。１チップが大きくなれば１枚のウエファからの取れ数が減りチップ単価を上げることになる。また、チップが大きくなった分だけ装置全体が大きくなり、それだけ熱容量が大きくなる。そのため、冷却時の効率が悪くなり、装置の小形化、軽量化の妨げになる。

【００３１】第３に、図１１（ｄ）において充填物３３を満たす必要があるが、ボンディングワイアを保護するために、ワイアループを覆えるだけの厚みで充填物３３を満たす必要がある。したがって、その分だけ余分な充填物３３を必要とし、その分だけ装置全体が大きくなり、それだけ熱容量が大きくなる。そのため、冷却時の効率が悪くなり、装置の小形化、軽量化の妨げになる。信頼性の観点からボンディングワイアの保護は不可欠であり、これによる厚さの増加はおよそ５００μｍと、およそ倍の厚みになる。

【００３２】また、第４に、充填物３３は保護板１２０及びＣＤ基板１３０を十分に接着するだけの強度を要するので硬化後に堅くなるものでなければならない。しかも、その後の工程や使用環境を加味すれば、保護板１２０及びＣＤ基板１３０と熱膨張率が良くあっており、ボンディングワイアに応力を与えないような材料が必要である。接着強度の観点からは低融点ガラスが望ましいが、低融点ガラスは硬化後は非常に堅くなる一方、熱膨張率がＣＤ基板１３０の材料であるＳｉとやや異なる。そのため、冷却時或いは室温に戻す際非常にゆっくり行う必要がある。低融点ガラス以外の硬化後はあまり堅くならず、ある程度柔らかな材料（例えば、ゲル状の樹脂）を用いれば、Ｓｉと熱膨張率が完全に一致していなくても急冷急熱を行った場合にただちに破損するというのが少なくなるが、保護板１２０及びＣＤ基板１３０の接着強度が十分でなく、その後の工程を加味すれば好ましいものではない。このように、充填物３３に用いる材料は限られているうえに使用上の制限がある。

【００３３】そこで本発明は、上記の問題点を解決した半導体エネルギー検出器を提供することを目的とする。

## 【0034】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の半導体エネルギー線検出器は、撮像機能を持つ回路がその一方の面に形成され、他方の面から入射したエネルギー線を検出するための基板と、基板をその内部に格納すると共に外部との電気的接続をするためのピンを持つパッケージと、基板を上記一方の面の側から保護するとともに、ピンと基板に形成された回路とを電気的に接続するための保護板と、基板で発生した熱を上方の面の側から放熱するための冷却ブロックとを備え、基板と保護板とはバンプボンディングされるとともに、保護板はバンプボンディングされた部分に凹部または貫通口が設けられていることを特徴とする。

【0035】保護板は、基板に形成された回路上に開口部を有するとともに開口部には硬化した充填物がつめられていることを特徴としても良い。

【0036】冷却ブロックは充填物を介して基板で発生した熱を放熱するとともに、冷却ブロックと充填物との間には熱抵抗を低下させるための熱伝導物質が塗布されていることを特徴としても良い。

【0037】凹部または貫通口に導電材料をさらに有することを特徴としても良い。

【0038】また、本発明の半導体エネルギー線検出器の製造方法は、基板の一方の面に形成された撮像機能を持つ回路の端子にバンプを形成する第1の工程と、保護板に、基板上の回路の位置に対応して開口部と、回路の各端子の位置に対応して凹部または貫通口と、回路に電気的に接続するための配線とを設けておき、凹部または貫通口とバンプとを重ね合わせて保護板と基板とのバンプボンディングをする第2の工程と、開口部に硬化性の流動物をいれて硬化させ、開口部に充填物をつめる第3の工程と、回路が掲載された反対側の基板の面を機械的或いは化学的に削る第4の工程と、保護板及び基板を回路ごとに切断し、切断された保護板及び基板をパッケージにに入れて保護板の配線とパッケージのピンとを接続し、基板で発生した熱を放熱するための冷却ブロックでパッケージに封止する第5の工程とを有する。

【0039】第2の工程では、凹部または貫通口に導電材料を注入した後にバンプボンディングをすることを特徴としても良い。

【0040】第5の工程では、冷却ブロックと充填物との間には熱抵抗を低下させるための熱伝導物質を塗布することを特徴としても良い。

## 【0041】

【作用】本発明の半導体エネルギー線検出器では、保護板で製造時及び使用時に基板の機械的な保護がなされるので、基板を薄くして基板上の回路からの熱を冷却ブロックで放熱して冷却しやすくなる。そのため、より感度の良くエネルギー線（例えば、紫外線、軟X線、電子線など）を検出できる。

【0042】ここで、保護板及び基板がバンプボンディングで重なるように接続・接着がなされることがから、保護板及び基板の面積及び体積を小さくすることができる。また、保護板には凹部または貫通口が設けられ、これにあわせてバンプボンディングをしていることから、電気的接続をより確実にして小形化することができる。

【0043】また、開口部に硬化した充填物を詰めるようにすることで、基板上の回路へのダメージを減少させることができ、熱抵抗を低下させるための液体が塗布されていることでより放熱しやすいものになる。さらに、凹部または貫通口に導電材料をさらに有することで、電気的接続をより確実にすることができる。

【0044】本発明の半導体エネルギー線検出器の製造方法では、予め保護板にもうけられた凹部または貫通口がバンプとあわせるので、保護板と基板との位置合わせが簡単になると共に、貫通口の場合、位置合わせが目視（またはカメラを通して）で確認できる。そのため、簡単にバンプボンディングが可能で、保護板と基板との電気的接続・及び接着が簡単なものになる。保護板で基板の機械的保護がなされることがから、基板の面を機械的薄く削ることができ、開口部につめた充填物で回路が保護されるから、合わせて化学的に精密に削ることもできる。そして、保護板及び基板がバンプボンディングで重なるように接続・接着がなされることがから、保護板及び基板の面積及び体積を小さくすることができる。

## 【0045】

【実施例】本発明の実施例を図面を参照して説明する。前述の従来例と同一または同等のものについてはその説明を簡略化し若しくは省略するものとする。

【0046】図1は、本発明の半導体エネルギー線検出器の第1の実施例についての構造を示したものである。この検出器は、パッケージ37の内部に、CCD基板130、保護板220、冷却ブロック40を有し、CCD基板130の電極32と保護板220との電極126がバンプ143で接続され、バンプ143が形成される位置に保護板220に凹部が設けられている点に特徴を有する。

【0047】CCD基板130は、パッケージ37の内部底面にその裏面を外側にしてダイボンディングされ、表面には撮像のためのフルフレーム転送方式のCCD31が形成されている。CCD31の表面には、poly-Si電極、層間絶縁膜であるPSGが形成されている。ここで、表面側では吸収係数が大きいエネルギー線（例えば、紫外線、軟X線、電子線など）を吸収してしまうので、表面照射型CCDはこのようなエネルギー線に対して感度が持たない。また、無理に照射を行えば、CCDを構成するゲート酸化膜がいわゆる照射損傷を受け、転送効率が低下する、ノイズが増大するなどの損傷を生じる。図1の検出器では、吸収係数が大きいエネルギー線に感度を持つようにするために、裏面型CCDの



構造を持たせている。

【0048】また、通常のCCDを作る基板の厚みは400 $\mu$ mあり、これをそのまま用いると、基板の裏面入射面付近で生じた信号電荷は、表面にあるCCDポテンシャル井戸まで拡散で移動しなければならず、途中で再結合で失われたり、長い距離を拡散してくる間に横方向に広がり、解像度を著しく悪化させる。これを避けるために、入射面である裏面から表面にあるCCDポテンシャル井戸までの物理的な距離を短くしている。そのために、CCD基板130を15 $\mu$ m程度まで薄形化し、その後裏面をイオン注入などでアキュムレーション状態にし、裏面界面付近で生じた信号電荷が効率良くCCDポテンシャル井戸に流れる構造にしている。

【0049】冷却ブロック40は、シリコン樹脂39及び硬化した充填物33を介してCCD31と接触し、CCD31で発生した熱を放熱するためのものであり、また、パッケージ37の蓋をもちかえている。使用時には、ペルチェ素子などにより冷却され、CCD31の冷却がなされ、CCD31で発生するノイズの低減が図られている。

【0050】保護板220は、薄形化したCCD基板130を組み立て時及び使用時において保護するとともに電極126を介してパッケージ37のピンのリード配線42（外部との電氣的接続用）とCCD31との電氣的に接続をも兼ねている。保護板220の電極126とピン42がボンディングワイヤ38bで接続され、また、電極126とCCD基板130の電極32とはパンプ143で（導電ペーストを介して）電氣的接続されている。保護板220には、パンプ143が形成される位置に凹部が設けられていることで、この装置全体を小さく製作することが可能になり、これによって良好な冷却が行われ、リーク電流やrmsノイズを下げた微弱光を計測するのに適したものにしている。

【0051】このように、図1の検出器は、薄くなったシリコンのCCD基板130を十分に保護するとともに暗電流を低減するための冷却も十分に行える構造になっている。この構造を持つ検出器を良好に製作するには、その製造工程もそれが十分に配慮されたものであることを要する。図2、3は、図1の検出器の組み立て工程を示したものであり、この工程は次ぎのようになる。

【0052】図2（a）は、図1の検出器に用いられる保護板220の断面構造を示したものである。保護板220は、前述の従来例と同様にCCD基板130のCCD31が形成された部分には貫通した穴127が設けられ、セラミックの部分125には金属配線126が施されている。さらに、CCD基板130の金属配線（パッド）32のパンプが設けられる部分に凹部141aが設けられ、この凹部141aはパンプに対して余裕を持った大きさで形成され、凹部141aまで金属配線126が施されている点に特徴を有する。この保護板120の

材料には、シリコン、ガラス、窒化アルミニウムなどの研磨性セラミックを用いることができ、CCD基板130とよく熱膨張率があったものを用いるのがより望ましく、厚さは300 $\mu$ m程度の薄いものを用いる。

【0053】図2（b）は、CCD基板130を示したものであり、このCCD基板130は、前述の従来例と同様に、シリコンP<sup>+</sup>型ウエファ28にP型エピ層29を成長させた後、CCD31を形成し、外部回路をつなぐ金属配線（パッド）32が設けられたものである。

【0054】まず、保護板220の凹部141aに導電ペースト142（例えば、銀ガラスなど、導電性があった硬化前には液相の物質）をいれる（図2（c））。つぎに、CCD基板130の金属配線32に金属パンプ143を形成する（図2（d））。このパンプ143は、ワイヤーボンダーを使用することにより、直径60 $\mu$ m、高さ80 $\mu$ mのものが容易に形成できる。

【0055】そして、導電ペースト142が入った保護板220（図2（c））と、金属パンプ143を形成したCCD基板130（図2（d））とのフリップチップボンディングを行う（図2（e））。このとき、保護板220の凹部141aがパンプ143が設けられる部分に設けられていることから、凹部141aがパンプ143にかみあわさるので、保護板220とCCD基板130との位置合わせは容易になされる。また、凹部141aの中にパンプ143が入り込むので、ボンディング後の厚さがより小さなものになる。そのため、より小さなものにすることができる。

【0056】ここで、保護板220の配線126が金で、パンプ143が金であるならば互いに溶着するので、両者の接続に取って銀ガラスを使用する必要はないともいえる。しかし、パンプの高さのパラツキにより、接続不良がないとはいえないので、電氣的な伝導をより確実にするため、銀ガラスを介したパンプボンディングを行っている。

【0057】つぎに、低融点ガラス、エポキシ樹脂、ゲル状樹脂など、硬化前には液相の充填物33を、保護板220とCCD基板130とで形成された窪み（保護板220の穴127の部分）に充填した後、充填物33を硬化する（図3（f））。充填物33は、電氣的に絶縁性であることを要し、さらに、保護板220及びCCD基板130と熱膨張係数がある程度一致すること、熱伝導が良いことが重要で、シリコンのエッチングに用いるエッチャント（酸またはアルカリ系）に耐えること、数百℃以上の高温に耐えること、アウトガスがないことがさらに望ましい。これは、数百℃以上の高温に耐えうることで、薄形化後のアキュムレーションで熱処理が行いやすい、アウトガスがなければ、エレクトロンポンパートメント用として電子管に封入するのに適するからである。

【0058】また、つぎの薄形化の工程の前に充填物3

3を硬化させているので、もし硬化時に充填物33が体積減少を起こしても、CCD基板に凸凹が生じることはなく、薄形化の工程の後に入射面に凸凹が生じることも少ない。また、従来構造では、充填物33は、接着剤としての機能が強く要求され、保護板220とCCD基板130とを強く接着することを要するのだが、本実施例では、保護板220とCCD基板130とはバンプで強く固定されているので、それほど接着剤としての機能が要求されず、硬化後は若干柔らかくても良い。

【0059】そして、前述の従来例と同様に、CCD基板130の裏面を削って機械的または化学的に薄形化する(図3(g))。化学的エッチングのみで薄形化すると、基板のP<sup>+</sup>層は高濃度欠陥層を有し、欠陥層の酸化速度は純粋シリコンの酸化速度とは異なるので、エッチング後の表面に凸凹や曇りを生じそれなりの手間と工夫が必要になる。しかし、この製造工程においては、保護板220とCCD基板130とがバンプボンディングされ、充填物33が満たされた構造になっているので、CCD基板130全体をグラインダー(ディスコ社)などの機械的な研磨での薄形化が可能となっている。機械的な研磨後、化学エッチングを行ない薄形化を終了する。薄形化後、裏面のアキュムレーション及び酸化を行ってアキュムレーション層34及び酸化膜35を形成する。

【0060】つぎに、ダイシングを行い、個々のチップ140に分割する(図3(h))。符号36はダイシングラインを示す。分割された個々のチップ140のアセンブリを行う(図3(i))。セラミックパッケージ37にチップ140をダイボンディングし、チップ140の金属配線26とパッケージ37の端子41とをワイヤボンディングし、ボンディングワイヤ38bで接続する。そして、チップ140の低融点ガラスの充填物33と熱的に容易に接続できるように、シリコン樹脂39をぬって放熱用の冷却ブロック40で封止する。

【0061】このように、本製造工程では、まず、保護板220とCCD基板130との位置合わせが、凹部141a及びバンプ143でなされるので、高価で取扱いの面倒なフリップチップボンダーを使用せずに簡易的に容易に組み立てが行える。また、従来例のように、保護板220とCCD基板130との電気的接続をワイヤボンディングで行う場合、ワイヤループのために横方向と高さ方向に余分なスペースを必要とし、チップ自体も離して配置する必要があったので、1枚あたりのウエハのとれ数が少なくなる。それに加えて、縦、横、高さ共に大きくなり小型軽量化が困難なうえに、おおきくなった分熱容量が大きくなり、パワーの大きな冷却装置(ベルチェ素子)を必要としていた。しかし、本発明では、保護板220とCCD基板130との電気的接続がバンプ143でなされるため、薄く小さく構成できるので、小型軽量化が行え、熱容量が小さくなって冷却効率が向上

する。

【0062】また、本製造工程では、薄形化の際、保護板220とCCD基板130とがバンプボンディングされ、充填物33が満たされた構造で行っている。そのため、CCD基板130上のCCDは保護された構造であり、薄形化後に入射面に凸凹が生じることもない。さらに、CCDがある部分は保護板220に穴が開けられており、CCDの保護は充填物33でなされる形なので、保護板220とCCD基板130との間に熱抵抗の大きな空気層が入り込む可能性がほとんど無い。したがって、CCDの冷却時に暗電流のユニフォームリティが悪化するのが小さくなることになる。また、CCD基板130全体を薄形化するので、機械研磨でほとんど削ってから最後の仕上げで化学的なエッチングを行うことも可能であり、エッチング液の周り込みなどで生じるエッチングの不均一も生じない。

【0063】図4は、本発明の半導体エネルギー線検出器の第2の実施例についての構造を示したものである。

【0064】この検出器は、上記第1の実施例と同様、パッケージ37の内部に、CCD基板130、保護板220、冷却ブロック40を有し、裏面型CCDの構造を持たせたものである。そして、CCD基板130の電極32と保護板220との電極126がバンプ143で接続されているが、バンプ143が形成される位置の保護板220に貫通口が設けられている点に特徴を有する。

【0065】この図4の検出器も、図1と同様、薄くなったシリコンのCCD基板130を十分に保護するとともに暗電流を低減するための冷却も十分に行える構造になっており、図5、6は、図4の検出器の組み立て工程を示したものであり、この工程は次のようになる。

【0066】図5(a)は、図1の検出器に用いられる保護板220の断面構造を示したものである。保護板220は、前述の第1の実施例同様に、貫通した穴127が設けられ、セラミックの部分125には金属配線126が施されている。さらに、CCD基板130の金属配線(パッド)32のバンプが設けられる部分にバンプに対して余裕を持った大きさの貫通口141bが設けられている点に特徴を有する。そして、貫通口141bにも金属配線126が施され、いわばスルーホールが形成されている。この保護板120の材料及び厚さは前述の第1の実施例同様である。

【0067】図5(b)は、CCD基板130を示したものであり、第1の実施例と同様にしてバンプ143を形成したものである。保護板220とCCD基板130とを重ね合わせる(図5(c))。ここで、保護板220の貫通口141bがバンプ143が設けられる部分に設けられていることから、貫通口141bがバンプ143にかみあわさるので、保護板220とCCD基板130との位置合わせは容易になされる。また、図の上方から貫通口141bを通してバンプ143が嵌まっている

かどうかを目視確認できる。

【0068】そして、導電ペースト142（例えば導電樹脂や銀ガラスなど）をニードル146から加圧して注入する（図5（d））。ここで、導電ペースト142を注入するのは前述の第1実施例と同様の趣旨である。つぎに、パンプ143を溶融させて保護板220とCCD基板130とのフリップチップボンディングを行う。その後、前述の第1実施例と同様の電氣的に絶縁性の充填物33を、保護板220とCCD基板130とで形成された窪み（保護板220の穴127の部分）に充填し、充填物33を硬化する（図3（e））。この実施例においても、つぎの薄形化の工程の前に充填物33を硬化させているので、もし硬化時に充填物33が体積減少を起こしても、CCD基板に凸凹が生じることはなく、薄形化の工程の後に入射面に凸凹が生じることも少ない。また、保護板220とCCD基板130とはパンプで強く固定されているので、それほど接着剤としての機能が要求されず、硬化後は若干柔らかくても良い。

【0069】CCD基板130の裏面を削って機械的または化学的に薄形化する。この製造工程においても、パンプボンディングされ、充填物33が満たされた構造になっているので、CCD基板130全体を機械的な研磨での薄形化が可能となっている。薄形化後、裏面のアキュムレーション及び酸化を行ってアキュムレーション層34及び酸化膜35を形成する（図3（f））。

【0070】つぎに、ダイシングを行い、個々のチップ140に分割する（図3（g）、符号35はダイシングラインを示す）。分割された個々のチップ140のアセンブリを行う（図3（h））。セラミックパッケージ37にチップ140をダイボンディングし、チップ140の金属配線26とパッケージ37の端子41とをワイヤボンディングし、ボンディングワイヤ38bで接続する。そして、チップ140の低融点ガラスの充填物33と熱的に容易に接続できるように、シリコン樹脂39を介して放熱用の冷却ブロック40で封止する。

【0071】このように、本実施例の製造工程でも、前述の第1実施例と同様の利点を持つ。さらに、合わせを貫通口141bで行われるので、嵌まっているかどうかを目視確認できる。また、合わせた後に導電ペースト142をいれるので、合わせの最中にこれがパンプ143

周辺に付着して短絡を起こすことがなくなる、という利点がある。

【0072】

【発明の効果】以上の通り本発明の半導体エネルギー線検出器によれば、保護板及び基板の面積及び体積を小さくすることができ、保護板の凹部または貫通口にあわせてパンプボンディングをして電氣的接続をより確実にして小形化することができるので、より感度の良いエネルギー線の検出をすることができる。

10 【0073】また、本発明の半導体エネルギー線検出器の製造方法によれば、保護板と基板との電氣的接続・及び接着が簡単なものになり、保護板で基板の機械的保護がなされて基板の面を機械的薄く削ることができるので、上記半導体エネルギー線検出器を小さく製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体エネルギー線検出器の第1実施例の構成図である。

【図2】第1実施例の製造工程図である。

20 【図3】第1実施例の製造工程図である。

【図4】本発明の半導体エネルギー線検出器の第2実施例の構成図である。

【図5】第2実施例の製造工程図である。

【図6】第2実施例の製造工程図である。

【図7】フル・フレーム転送方式の構成を示す上面図である。

【図8】フル・フレーム転送方式の要部を示す断面図である。

30 【図9】読み出し回路図とクロックパルス出力波形を示す図である。

【図10】従来の裏面照射型検出器を示す図である。

【図11】従来例の製造工程図である。

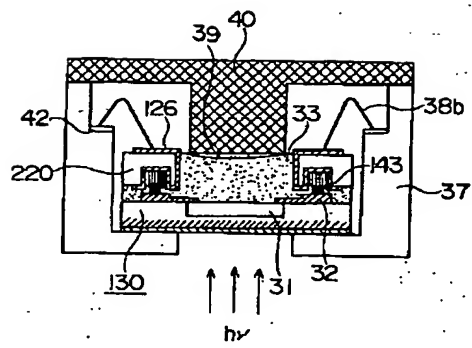
【図12】従来例の製造工程図である。

【図13】従来の裏面照射型検出器のポテンシャルプロファイルを示す図である。

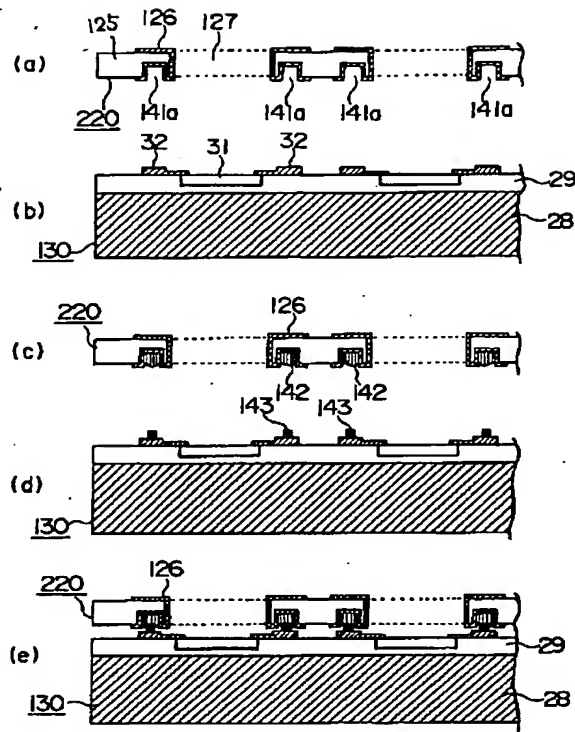
【符号の説明】

31…CCD、32…配線、37…パッケージ、40…冷却ブロック、42…ピン、130…CCD基板、132…金属パンプ、142…導電ペースト、220…保護板、126…配線。

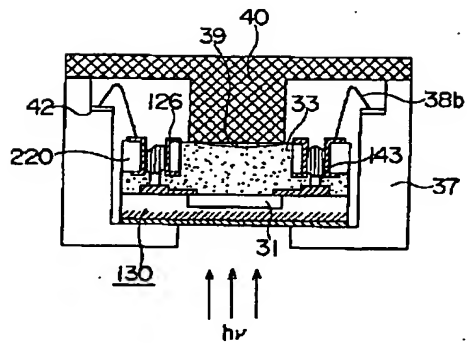
【図1】



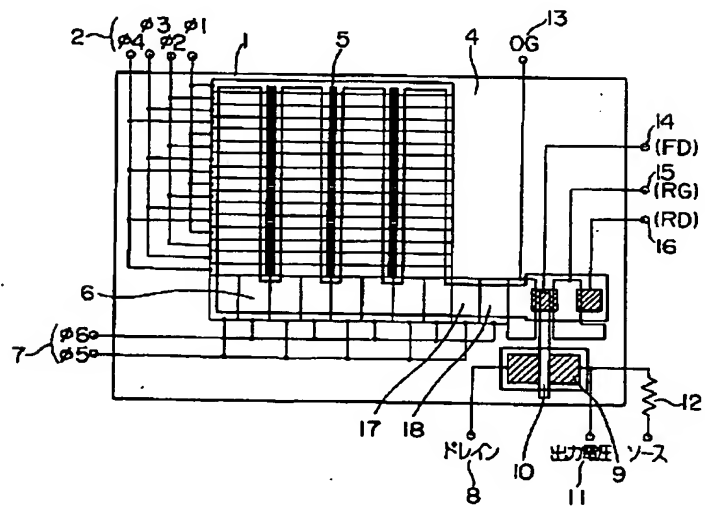
【図2】



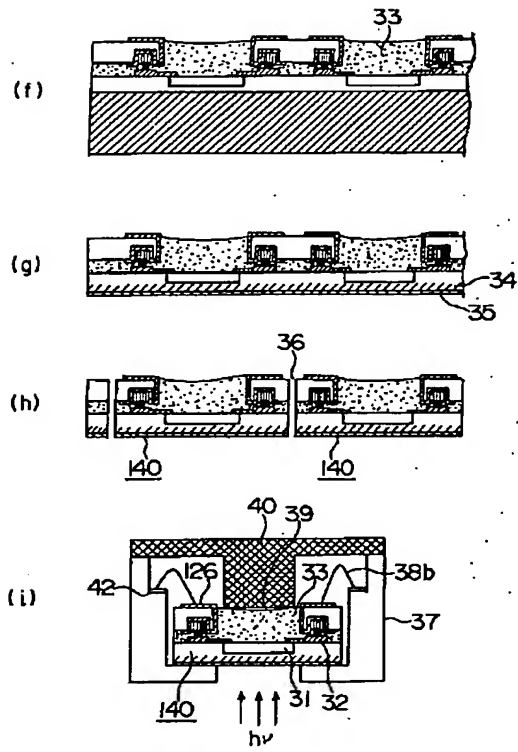
【図4】



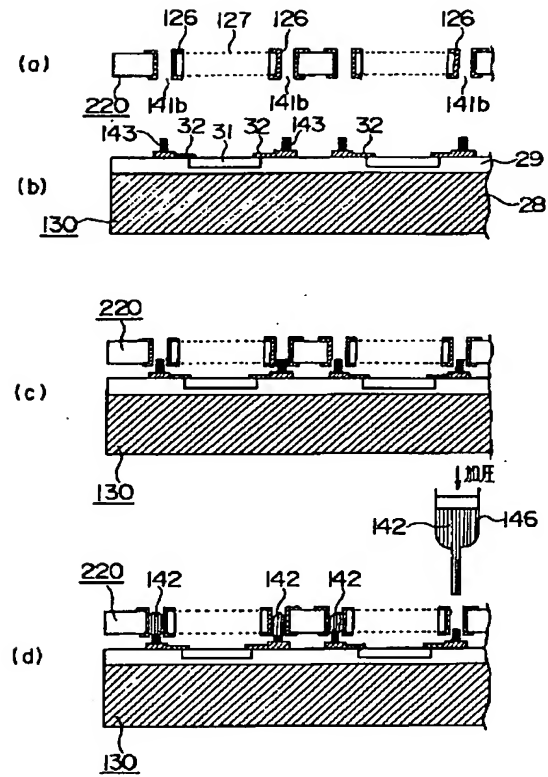
【図7】



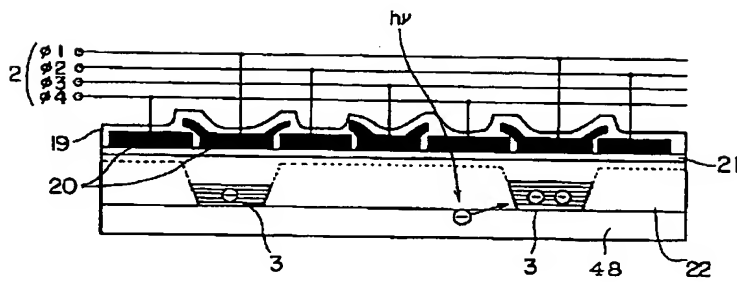
【図3】



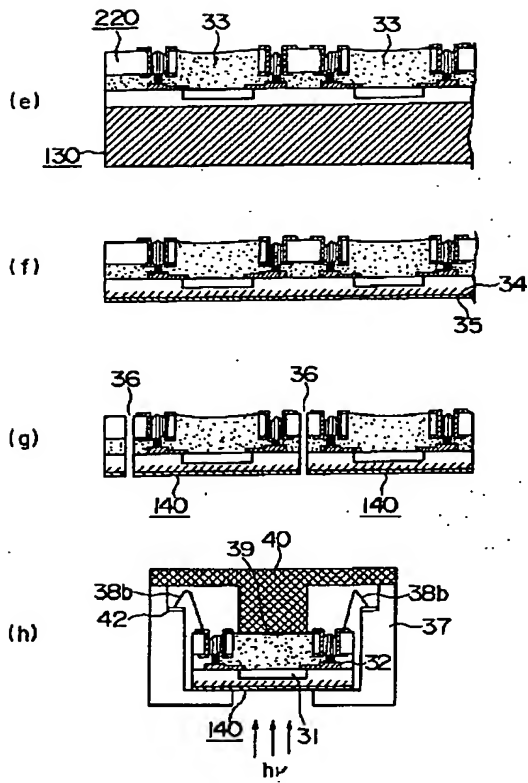
【図5】



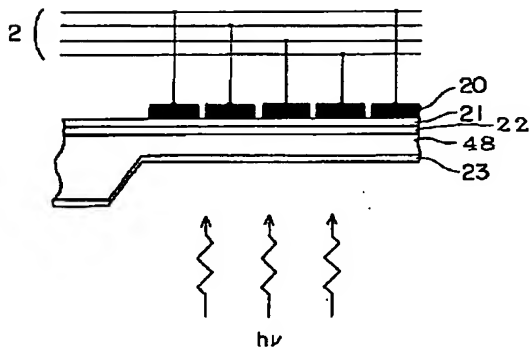
【図8】



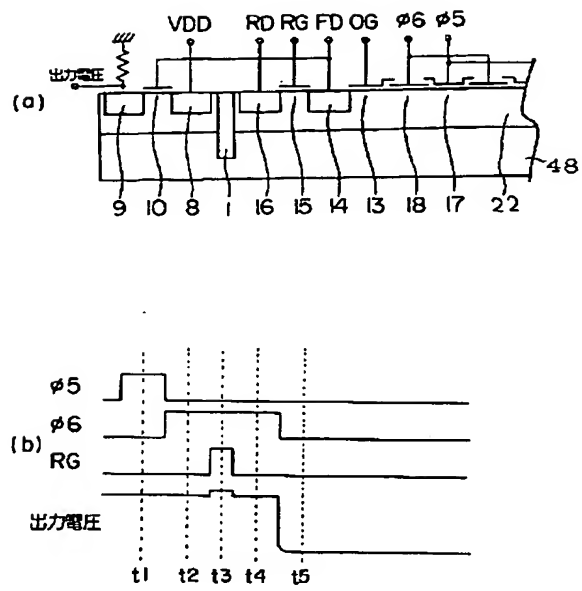
【図6】



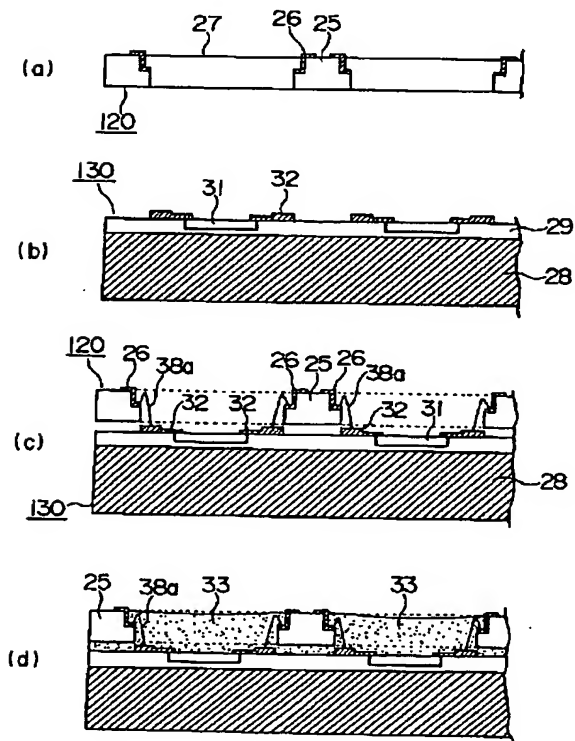
【図10】



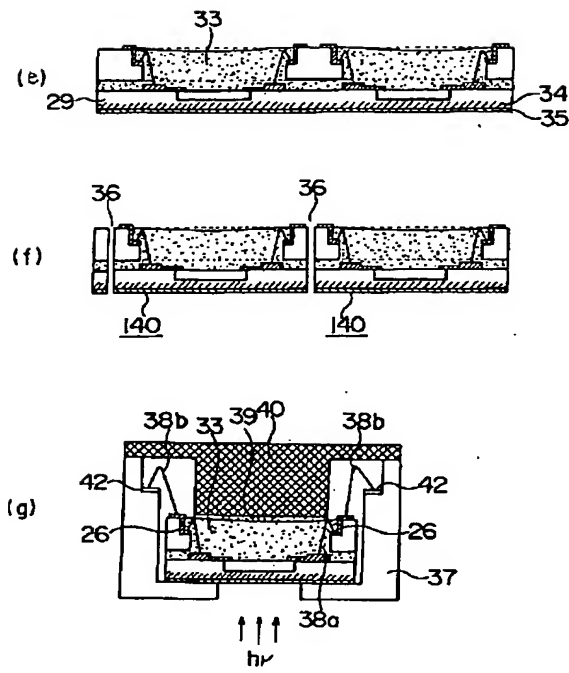
【図9】



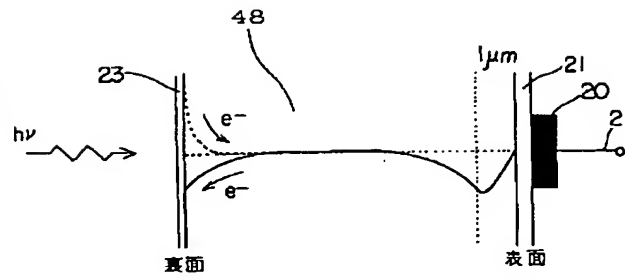
【図11】



【図12】



【図13】



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**